

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-327383

(43)Date of publication of application : 10.12.1993

(51)Int.Cl.

H03H 3/02

J1017 U.S. PTO
10/083380

(21)Application number : 04-133251

(22)Date of filing : 26.05.1992

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

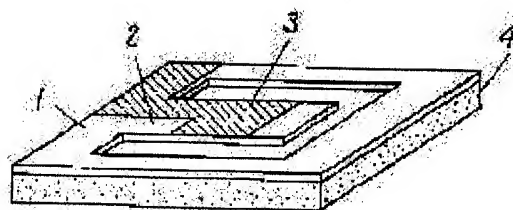
(72)Inventor : KANAHOSHI AKIHIRO
OGURA TETSUYOSHI
TAGUCHI YUTAKA
EDA KAZUO

(54) WORKING METHOD FOR CRYSTAL ELEMENT BOARD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a working method for crystal element board for easily and thinly grinding a crystal element board, facilitating oscillation in higher frequency for a crystal oscillator improving adhesive strength with a semiconductor substrate and improving mass productivity concerning the constitution of a crystal oscillator adhering the crystal element board on the semiconductor substrate.

CONSTITUTION: A semiconductor substrate 3 performing hydrophilic processing for the surface and a crystal element board 1 having thickness thicker than $40\mu\text{m}$ and thinner than $80\mu\text{m}$ are directly adhered, thereafter, heating processing of higher than 350°C and lower than 400°C is performed, the crystal element board 1 is worked into the thickness thinner than $40\mu\text{m}$, and heating processing of higher than 400°C and lower than 573°C is performed for the crystal element board 1 and the semiconductor substrate 3.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.09.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2848116

[Date of registration]

06.11.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-327383

(43)公開日 平成5年(1993)12月10日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 3 H 3/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 7259-5 J

審査請求 未請求 請求項の数2(全5頁)

(21)出願番号 特願平4-133251
(22)出願日 平成4年(1992)5月26日

(71)出願人 000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地
(72)発明者 金星 章大
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 小掠 哲義
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 田口 豊
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(74)代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)
最終頁に続く

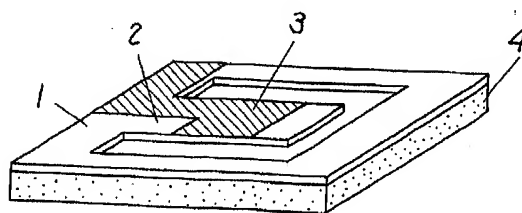
(54)【発明の名称】 水晶素板の加工方法

(57)【要約】

【目的】 半導体基板上に水晶素板が接着されているような構造の水晶振動子において、水晶素板を容易に薄く研磨でき、水晶振動子の高周波化を容易にし、半導体基板との接着強度も向上し、量産性も良いような水晶素板の加工方法を提供することを目的とする。

【構成】 表面を親水化処理した半導体基板3と厚さ40 μ m以上80 μ m以下の水晶素板1とを直接接着した後、350℃以上400℃以下の加熱処理を行い、前記水晶素板1を40 μ m以下の厚さに加工し、前記水晶素板1と前記半導体基板3とに400℃以上573℃以下の加熱処理を行う加工方法とする。

1 水晶素板
3 半導体基板



【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面を親水化処理した半導体基板と厚さ50 μ m以上80 μ m以下の水晶素板とを直接接着した後、350 $^{\circ}$ C以上400 $^{\circ}$ C以下の加熱処理を行い、前記水晶素板を50 μ m以下の厚さに加工し、前記水晶素板と前記半導体基板とに400 $^{\circ}$ C以上573 $^{\circ}$ C以下の加熱処理を行い加工する水晶素板の加工方法。

【請求項2】 半導体基板としてシリコン基板を用いる請求項1記載の水晶素板の加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、水晶素板の加工方法に関し、特に半導体基板上に水晶素板が接着されているような構造の水晶振動子に用いられる水晶素板の加工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】水晶振動子は、その高い安定性により、情報通信に欠かせない重要なデバイスとして用いられている。近年、衛星通信や携帯電話などの発達にともない、その高性能化が一つの大きな目標とされているが、水晶振動子も例外ではない。

【0003】水晶振動子は近年、その小型化、ハイブリッド化の試みとして、様々な新たな加工方法が提案されている。以下、最近新たに提案されている、水晶振動子の直接接着を応用した加工方法について簡単に述べる。

【0004】直接接着とは、シリコン基板どうし、あるいはシリコンとガラス基板どうしを、接着剤を介在させないで直接接着させるという技術で、表面処理を行ったシリコンやガラス基板などを清浄雰囲気中で接触させ、加熱処理を行い、強固な接着を得るというものである。

【0005】上記直接接着技術を水晶素板に応用し、水晶素板と半導体基板とを適当な処理、加工を行った後、直接接着し、半導体加工技術を応用して前記水晶素板を希望の形状に加工し、小型でハイブリッド化された水晶振動子を得るという加工方法が新たに開発されている。従来のこの種の加工方法について、図2を参照しながら説明する。

【0006】図において、21は水晶素板、22a、22bはそれぞれ上部励起電極および下部励起電極、23は空間、24は半導体基板である。そして、前記水晶素板21と前記半導体基板24とは、直接接着のための表面処理がなされた後、清浄雰囲気中で接触させられ、熱処理がなされている。また、前記空間23は前記水晶素板21の振動のために前記半導体基板24に開けられている。この方法は、前記水晶素板21をフォトリソグラフィやエッチングなどの半導体加工技術を用いて任意の形状、寸法に加工することができ、高性能化、小型化や量産性に優れた加工方法である。さらに、前記水晶素板21が接着されている前記半導体基板24に前記水晶素板21を駆動するための能動回路を組み込むことによ

り、発振回路と振動部分とが一体化されたハイブリッド型水晶発振器を得ることも可能である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の加工方法では、水晶素板21と半導体基板24との直接接着後の接着強度を向上させるために必要である加熱処理を施そうとしても、水晶と半導体との熱膨脹率の差によって前記水晶素板21あるいは前記半導体基板24が熱応力のために破壊されてしまう場合があり、条件が制約されるという問題があった。例えば、前記水晶素板21として厚さ80 μ m、大きさ8 ϕ のATカット水晶板を用い、前記半導体基板24として大きさ10mm \times 10mm、厚さ350 μ m、面方位(100)のシリコン単結晶基板を用いた場合、水晶(ATカット)の熱膨脹率は $13 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、シリコンは $2.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるため、加熱処理温度を300 $^{\circ}$ C以上にすると、熱応力のために前記水晶素板21と前記半導体基板24とが破壊されてしまう場合があり、高温にすればするほど破壊される頻度が高くなるため、十分な接着強度を得るためには量産性に問題があった。

【0008】そして、水晶素板21の厚さが薄ければ、熱応力による破壊は生じにくいために、例えば前記水晶素板21を直接接着前に20 μ m以下に研磨してから接着すれば、500 $^{\circ}$ C以上の加熱処理を行っても熱応力による破壊は生じにくくなるが、その場合前記水晶素板21の取り扱いが非常に困難になるために、作業性に問題があった。

【0009】また、移動体通信に使用される周波数帯がGHz帯まで高周波化するにしたがって、水晶振動子の発振周波数も高周波化が必要である。水晶振動子の発振周波数は、水晶素板21の厚みに反比例するため、発振周波数の高周波化を行うためには、水晶素板21を薄く加工する必要がある。しかしながら、現在の加工方法では水晶素板21の厚さが40 μ m以下になると実現は非常に困難で、また、そのように薄い水晶素板21は取り扱いが非常に困難であった。そのため、基本波発振で得られる量産可能な水晶振動子の発振周波数の上限は40MHz程度で、更なる高周波化には、ウェットエッチングやドライエッチングなどの手法を用いるが、厚さの制御性を良くするためにエッチングレートを低く抑え、エッチングして除去する水晶の量が多いために、水晶素板21が所望の厚さになるまで非常に時間がかかるという問題があった。

【0010】本発明は上記課題を解決するもので、水晶素板が容易に薄く研磨でき、水晶振動子の高周波化を容易にし、半導体基板との接着強度も向上し、量産性も良い水晶素板の加工方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の水晶素板の加工方法は、上記目的を達成するために表面を親水化処理し

た半導体基板と厚さ50 μ m以上80 μ m以下の水晶素板とを直接接着した後、350 $^{\circ}$ C以上400 $^{\circ}$ C以下の加熱処理を行い、前記水晶素板を50 μ m以下の厚さに加工し、前記水晶素板と前記半導体基板とに400 $^{\circ}$ C以上573 $^{\circ}$ C以下の加熱処理を行う加工方法とする。

【0012】

【作用】本発明は上記した加工方法により、水晶素板や半導体基板が割れることが少なく、十分な接着強度が得られるような加熱処理が可能になるため、量産性が向上する。

【0013】また、水晶素板は、半導体基板に接着したまま研磨やエッチングによって薄くすることができるので、水晶素板の厚さが薄くなっても取り扱いが容易であるため、水晶振動子の超高周波化が容易になる。

【0014】さらに、水晶素板の厚さを非常に薄く研磨*

水晶素板の厚さ (μ m)	160	80	55	40	20
最高加熱処理温度 ($^{\circ}$ C)	200	350	400	450	500

【0017】この場合、直接接着に用いている水晶素板の大きさは8 ϕ で、半導体基板は、大きさ11 \times 11mm、厚さ400 μ m、面方位(100)のシリコン単結晶基板である。また、前記水晶素板と前記半導体基板とは、電気炉によって空気中で加熱し、昇温率は100 $^{\circ}$ C/1時間で、降温率は300 $^{\circ}$ C/2時間程度であり、前記水晶素板と前記半導体基板とを直接接着した試料は、前記水晶素板の各々の厚さにつき20枚作製した。

【0018】そして、直接接着後の加熱処理温度が350 $^{\circ}$ C以上であれば、水晶素板と半導体基板との接着強度は、少なくとも前記半導体基板を保持して前記水晶素板を機械研磨するのに問題のないような強度になることがわかっているが、(表1)より水晶素板の厚さが少なくとも80 μ m以下でなければ350 $^{\circ}$ Cの加熱処理はできないことがわかる。また、水晶素板の厚さを50 μ m以下に研磨することは容易ではなく、さらに薄い水晶素板は取り扱いが困難になるので、直接接着する前の水晶素板の厚さは50 μ m以上80 μ m以下にすればよい。そこで、本実施例では直接接着に用いる水晶素板の厚さは60 μ m程度とした。また、前記水晶素板を接着する半導体基板は、大きさ11 \times 11mm、厚さ400 μ m、面方位(100)のシリコン単結晶基板を用い、前記水晶素板と前記シリコン基板とは、ともに両面が鏡面に仕上げられている。

【0019】前記水晶素板と前記半導体基板とを水和処理した後、流水中で洗浄し、清浄雰囲気中で接触させた。その後、前記水晶素板と前記半導体基板とを電気炉で空気中で350 $^{\circ}$ Cまで十分ゆっくり加熱し、第1加熱

*することが容易になるため、エッチング加工によって除去する水晶の量も少なくて済み、水晶振動子の共振周波数の高周波化が容易になることとなる。

【0015】

【実施例】以下、本発明の一実施例について詳しく説明する。水晶素板の厚さと、直接接着した後の加熱処理後に割れたり剥がれたりする不良率が20%以下になるような最高加熱処理温度との関係を、水晶素板の厚さが160 μ m、80 μ m、55 μ m、40 μ m、20 μ mの5種類について、加熱処理温度を室温から500 $^{\circ}$ Cまで変化させて調べた実験の結果、(表1)に示す結果が得られた。

【0016】

【表1】

処理を行った。

【0020】前記第1加熱処理後、十分ゆっくり室温まで冷やした前記水晶素板と前記半導体基板との、前記半導体基板側を研磨機の定盤にエレクトロワックスを用いて固定し、前記水晶素板を研磨して薄くした。水晶素板の厚さは薄くする方がより高温の加熱処理が可能であり高周波化にも対応するものであるが、機械研磨で精度よく研磨できるのは、10 μ m以上であるので、本実施例の場合、前記水晶素板の厚さは15 μ mとした。

【0021】その後、前記水晶素板と前記半導体基板とを再び電気炉で500 $^{\circ}$ Cまで空気中で十分ゆっくり加熱し、第2加熱処理を行った。

【0022】上記のようにして前記半導体基板上に直接接着された前記水晶素板に、半導体加工技術を応用して振動部を形成し、水晶振動子とした。図1に、本実施例によって得られた半導体基板上に直接接着された水晶振動子の外観図を示す。図1において、1は水晶素板、2は振動部、3は半導体基板、4は励起電極で、前記振動部2は幅0.8mm、長さ5mmの矩形とし、前記励起電極4は幅0.5mm、長さ2mmの矩形とし、前記振動部2は前記水晶素板1をウェットエッチングによってくり抜き加工して形成した。また、前記水晶素板1は、前記半導体基板3に直接接着したままウェットエッチングおよびドライエッチングすることによって厚さをほぼ2 μ mに加工し、得られた前記水晶振動子の共振周波数は167MHzとなった。前記水晶素板1の厚さが15 μ mと非常に薄いため、各々のエッチングにおいて厚さの制御性を良くするためにエッチングレートを低く抑えても前記

水晶素板1が所望の厚さになるまでの時間は少なくとも済むこととなる。

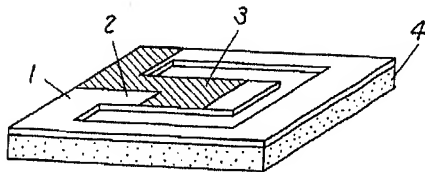
【0023】上記のように、前記水晶素板1は前記半導体基板3に強固に直接接着されているで、半導体加工技術を応用することによって水晶素板1を精密に加工することが可能になり、また、水晶素板1を非常に薄く加工することも容易になったので、これまで得ることが困難であった100MHz以上の共振周波数を持つ水晶振動子の加工が容易になった。

【0024】なお、本実施例では、前記第1加熱処理温度を350℃としているが、これに限るものではなく、前記水晶素板1を前記半導体基板3に直接接着したまま研磨できるような接着強度が得られれば良いことから前記第1加熱処理温度は350℃以上であれば良いことは明らかである。また、前記第1加熱処理前の水晶素板1の厚さを60μmとしているが、これに限るものではなく、前記第1加熱処理温度まで加熱できるような厚さ以下であれば良い。

【0025】さらに、前記第2加熱処理前の水晶素板1の厚さを15μmとしているが、これに限るものではなく、前記第2加熱処理温度まで加熱できるような厚さであればよく、例えば前記第2加熱処理温度が450℃であれば前記水晶素板1の厚さは40μmであれば良い。また、本実施例では前記第2加熱処理温度を500℃としているが、これに限るものではなく、前記水晶素板1と前記半導体基板3とが割れたり剥がれたりすることが少なく、また、水晶の α - β 転移温度(573℃)以下*

【図1】

1 水晶素板
3 半導体基板



(4)

特開平5-327383

6

*であるような温度であれば良い。

【0026】

【発明の効果】以上のように本発明は、水晶素板と半導体基板とを直接接着した後の加熱処理温度と、前記水晶素板の厚さを規定することによって、前記半導体基板と前記水晶素板との接着強度が十分であるような加熱処理温度まで加熱しても、前記水晶素板や前記半導体基板は割れたり剥がれたりすることが少なくなる。

【0027】また、前記水晶素板は前記半導体基板に接着されているので、前記水晶素板の厚さが薄くなっても取り扱いが容易で、作業性も良い。

【0028】そのうえ、前記水晶素板は前記半導体基板に接着したまま機械研磨で容易に非常に薄くすることができ、エッチングなどによって削除する前記水晶素板の量は少なくて済むため、水晶振動子の共振周波数の高周波化が容易になる水晶素板の加工方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の加工方法によって得られた水晶振動子の斜視図

【図2】(a)従来の加工方法によって得られた水晶振動子の斜視図

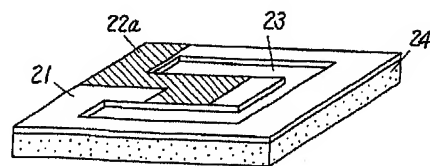
(b)同加工方法によって得られた水晶振動子の断面図

【符号の説明】

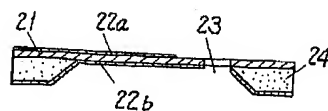
1 水晶素板
3 半導体基板

【図2】

(a)



(b)



(5)

特開平5-327383

フロントページの続き

(72)発明者 江田 和生
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内